

博士（人間科学）学位論文 概要書

CO₂-Induced Climate Change and Terrestrial Ecosystems
in Monsoon East Asia
—Probable Effects on Biological and Climatic Resources—

二酸化炭素濃度の上昇にともなう気候変化とモンスーン東アジアの陸上生態系
—気候資源と生物資源への影響の定量的評価—

1996年1月

早稲田大学大学院人間科学研究科

太田 俊二

指導教授 飯野徹雄

二酸化炭素濃度の上昇にともなう気候変化と モンスーンアジアの陸上生態系

—気候資源と生物資源への影響の定量的評価—

太田 俊二 (早稲田大学大学院人間科学研究科)

本論文では大気中の二酸化炭素濃度上昇による気候変化がモンスーン東アジア（東経70～150度、南緯10～北緯50度）の陸上生態系にいかなる影響を及ぼすかを定量的に評価することを試みた。主として二つのテーマ、農業気候資源への影響、森林生態系の分布と純一次生産（NPP）への影響をシミュレーションするために、緯度経度一度格子の地理情報（アルベド、高度など）と月間気候値（気温、日射量、降水量、雲量、水蒸気圧）のデジタルデータベースをまず構築した。これら平年気候値は、中国中央気象局、日本気象協会、FAO のアナログデータから分類・収集した。また、2070～2090年ごろに予測される変動気候（ $2\times\text{CO}_2$ 気候）の値として3種類の大気大循環モデル [Hansen *et al.*, *J. Geophys. Res.* 93: 9341–61; Manabe & Wetherald, *J. Atmos. Sci.* 44: 1211–35; Wilson & Mitchell, *J. Geophys. Res.* 92: 13315–43] を利用した。

気候要因を関数とした水温評価モデルの開発とNPP評価モデルの応用

アジアの農業気候資源を評価するためには水田水温の情報が不可欠であるが、広域かつ継続的に観測が行われていないため、温度（ T ）と飽和水蒸気圧（ $e_s(T)$ ）との関係を次の直交多項式で表わし、三次方程式の解として平衡水温（ T_w , °C）を得るモデルを開発した。

$$e_s(T) = a_0 + a_1 T + a_2 T^2 + a_3 T^3$$

また、純放射は潜熱輸送と顕熱輸送によってほとんど失われるので、平衡水温モデルは以下のようになる。

$$C_0 + C_1 T_w + C_2 T_w^2 + C_3 T_w^3 = 0$$

ここで、

$$C_0 = 15(a_0 - e_a) - T_a \left(1 + \frac{h_R}{h}\right) - \frac{R_{\text{net}}}{h}, \quad C_1 = 15 a_1 + 1 + \frac{h_R}{h}, \quad C_2 = 15 a_2, \quad C_3 = 15 a_3$$

T_a は気温（°C）、 e_a は空気中の水蒸気圧力（kPa）、 h_R と h は放射伝熱係数と顕熱伝達係数（ $\text{W m}^{-2} \text{K}^{-1}$ ）、 R_{net} は空気中の純放射量（ W m^{-2} ）。矢吹の実測水温データ [大阪府立大紀要 7: 113–46] と当時の気候データを用いてこのモデルの検証をおこなったところ、十分な精度で水温の季節変化を表現することができた。また、得られた T_w の値を既知のエネルギー収支モデルに代入すると水面純放射量や水面蒸発効率が求まる。

NPP の計算には筑後モデル [Uchijima & Seino, *J. Agric. Meteorol.* 40: 343-52] を用いた。筑後モデルを緯度経度一度格子の気候・地理データとともに利用してNPP値を計算し、実測されたNPP値（国際生物学事業計画, 1964-1974）とよい一致が得られ、今回の計算方法が妥当であることが明らかになった。

気候変化と農業気候資源

第一章～第三章では日本と中国の水田環境の現在と $2\times\text{CO}_2$ 気候を比較した。 $2\times\text{CO}_2$ 気候下のイネの移植可能な時期は全国的に現在よりも20日前後はやまり、それにとまなう耕作期間の伸延もてつだって、有効積算水温は600～700 degree days 上昇する。また、夏期の純放射量の高まりから日最高水温は 35°C を容易に超える。このような耕作期間の水温・気温差の縮小は水面の飽和水蒸気圧を上昇させ、蒸発効率は増大するため、東日本を中心に10～30%も蒸発量は増加した。一方、中国の主要耕作域である揚子江以南では有効積算水温が1300～2000 degree days も上昇し、移植可能期も20～30日も現在より早くなる。また、蒸発量も16～40%増加し、それを相殺する降水量の増加が見込めない地域が中国東北部に出現する。

以上のことから、九州・四国の沿岸部や揚子江以南の中国の主要米作地域の日本型のイネでは夏の高温障害が生じる。したがって、インド型のイネやハイブリッド米など、バイオテクノロジーを含めたより一層の品種改良、および耕作形態の改善の必要性がある。中国東北部の蒸発量の増加は前述のように水収支を悪化させるため、この地域における灌漑システムの確立と作付の変更は中国の食糧生産のもっとも重要な問題となることが示唆された。

気候変化と生物資源

NPPは光合成植物によってのみ生成される有機物の総量で、地球上のすべての農業生産をはじめとする生物資源の基礎である。第四章ではモンスーン東アジア全域について、第五章ではとくにインドネシア島嶼域のNPPを計算した。現在の気候状況でのモンスーン東アジアの年間全NPP量は232億トン（乾物）であり、全陸域の生産量の17%を占めている。急激な $2\times\text{CO}_2$ 気候変化に各植物が移動を急速に行うことで対応できると仮定した場合のモンスーン東アジアの全NPP量は8.2～20.4%現在よりも上昇する。

次に、NPP、気候要因と主要植物群系分布の関係を明確にするため、現在気候下の3次元グラフィックモデルを作成した。それによると各植物群系間に分布が重なりあう移行帯と思われる地域が多く出現し、このような場所に存在する植物は気候変化にたいして特に敏感に反応するものと考えられる。 $2\times\text{CO}_2$ 気候下における森林生態系の危険地域は、モンスーン東アジア全陸地面積の15.1～30.7%まで達する。植物の気候変化への適応速度と気候帯の移動速度が合致しないと考えられるこれらの地域は、中国東北部・南部を中心に出現する。このような危険地域においては前述のNPPの増加はかなり制限されることになる。